

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-67028

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) IntCl.⁴

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 N 5/235

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-213210

(22) 出願日 平成5年(1993)8月27日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 近藤 哲二郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72) 発明者 堀土 賢

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72) 発明者 藤森 泰弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像復元装置及び方法

(57) 【要約】

【構成】 デジタル画像信号の画質が劣化した画像を復元する装置であって、入力端子1を介して供給される劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割する(入力画像を走査変換する)ブロック化回路2と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラスコード発生回路3と、クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する(予め学習最適化されたデータを出力する)ROMテーブル4とを有してなる。

【効果】 劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一様に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元ができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割するブロック化手段と、
ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段と、
上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する無劣化画像出力手段とを有してなることを特徴とする画像復元装置。

【請求項2】 上記無劣化画像出力手段は、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習した結果を、上記クラスコードに対応させて記憶していることを特徴とする請求項1記載の画像復元装置。

【請求項3】 上記無劣化画像出力手段は、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習した結果を、上記クラスコードに対応させて記憶していることを特徴とする請求項1記載の画像復元装置。

【請求項4】 劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割するブロック化手段と、
ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段と、
上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する無劣化画像出力手段とを有してなることを特徴とする画像復元方法。

【請求項5】 上記無劣化画像出力手段では、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出すことを特徴とする請求項4記載の画像復元方法。

【請求項6】 上記無劣化画像出力手段では、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出すことを特徴とする請求項4記載の画像復元方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、劣化した画像を劣化の無い画像に復元（修復）する画像復元装置及び方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、画質の劣化した画像を復元する場合には、劣化の原因を解析してその劣化のモデル関数を求め、上記劣化した画像に対して上記劣化のモデル

関数に対応する逆関数を施すことにより画像復元を行うようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記劣化の原因としては、カメラ（ビデオカメラ等の画像撮影装置）の様な動きによるものや、カメラの光学系によるボケ等の各種のものが考えられる。したがって、上記画像を復元する場合には、それぞれの劣化の原因によって上記劣化のモデル関数も異なることになる。

10 【0004】 このようなことから、劣化を復元しようとする場合には、その劣化の原因を特定できないと、上記モデル関数が決定できず、復元が困難となる。

【0005】 また、劣化原因のモデル関数を立てることができたとしても、復元するための逆関数が存在しない場合が多々あり、その場合の最適なモデルの評価も困難となっている。

20 【0006】 すなわち、画質の劣化した画像を復元する場合には、劣化原因を解析し、劣化モデル関数を決定し、その逆関数を施すことにより復元を行うが、上述のように劣化の原因が特定できない場合や逆関数が一様に決定できない場合には復元が困難となる。

【0007】 そこで、本発明は、上述したようなことに鑑み、劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一様に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元ができる画像復元装置及び方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上述の目的を達成するために提案されたものであり、本発明の画像復元装置は、デジタル画像信号の画質が劣化した画像を復元する装置であって、劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割する（入力画像を走査変換する）ブロック化手段と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段と、上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する（予め学習最適化されたデータを出力する）無劣化画像出力手段とを有してなるものである。

30 【0009】 ここで、上記無劣化画像出力手段は、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している。或いは、上記無劣化画像出力手段は、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している。

50 【0010】 また、本発明の画像復元方法は、劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割するブロック

化工程と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類工程と、上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する無劣化画像出力工程とを有してなるものである。

【0011】ここで、上記無劣化画像出力工程では、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出す。或いは、上記無劣化画像出力工程では、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出す。

【0012】

【作用】本発明によれば、画質の劣化した画像をブロック毎にクラス分類したデータと劣化の無い画像のブロックデータとで予め学習して得た結果（復元テーブル）を保存している。すなわち、学習によるテーブルは、劣化した画像と劣化の無い画像との間で学習されているため、劣化した画像のクラス分類によるクラスコードに対応した学習値をこのテーブルから取り出す（劣化した画像の代わりに劣化のない復元画像をあてはめる（マッピング））ようにすることで、劣化が修復された画像を得ることができるようになる。また、一度テーブルを作成すれば、画像の復元はテーブルを読み出す処理のみであるため、処理が簡単となる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0014】本発明の第1の実施例の画像復元装置は、デジタル画像信号の画質が劣化した画像を復元する装置であって、図1に示すように、入力端子1を介して供給される劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割する（入力画像を走査変換する）ブロック化回路2と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段であるクラスコード発生回路3と、上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する（予め学習最適化されたデータを出力する）無劣化画像出力手段であるROMテーブル4とを有してなるものである。

【0015】ここで、上記ROMテーブル4は、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を後述する所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している（後述する第1の具体例）。或いは、劣化した画像をブロック化してクラス分

類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している（後述する第2の具体例）。また、上記クラスコード発生回路3は、後述するような高次多項式をモデル式として用いて、入力画像に最も近い形状を表す式の係数群を求め、この係数群に応じてクラス分類を行う。

【0016】ここで、本発明実施例の画像復元装置の構成の説明に先立ち、画像復元における学習とROMテーブルの生成について説明する。

【0017】画像復元を予め学習したテーブルで行おうとする場合、劣化した画像と劣化の無いきれいな画像との間で学習処理をする必要がある。学習に用いる劣化画像を得る方法としては、例えば被写体を固定しておき、カメラを動かして流れ画像を生成したり、カメラの焦点を故意にずらしてボケ画像を生成する等の方法がある。

【0018】ここで、劣化画像を用いて学習を行うときの処理の流れの第1の具体例を図2に示す。

【0019】この図2において、ステップS9では劣化の無い画像が供給される。次のステップS10では上記劣化無し画像をブロック化し、ステップS13に送る。また、ステップS10の劣化無し画像は、ステップS11において既知の劣化関数を用いて劣化させる。その後、ステップS12では上記劣化関数で劣化させたブロックデータをクラスに分類するクラスタリングを行い、ステップS13に進む。なお、クラス分類とは、ブロック化した画像データを用いたパターン分類のことである。

【0020】ステップS13では、上記ステップS10からの劣化無しのブロックデータと、上記ステップS12からの劣化させてクラス分類したブロックデータとの間でトレーニング（学習）を行う。

【0021】ステップS14では、あらゆるクラス学習が十分に行われる程度に、画像を構成する全てのブロックに対して学習が繰り返行われたか否かの判断を行う。このステップS14でノーと判断された場合はステップS10に戻り、イエスと判断されるとステップS15に進む。

【0022】ステップS15では、クラス毎に学習された最適値でマッピングテーブルを生成する。これがROMテーブルとなる。

【0023】上記第1の具体例では、劣化無し画像を劣化関数によって劣化させることで劣化画像を生成しているが、以下に述べる第2の具体例のように、予め上述したようにカメラの移動や焦点をずらす等して生成した劣化画像を用いて学習を行うこともでき、この場合の処理の流れは例えば図3に示すようになる。

【0024】この図3において、ステップS1では予め物理的に生成した劣化画像が、ステップS2では劣化の無い画像が供給される。ステップS3では上記劣化画像

をブロック化し、ステップS4ではステップS3でのブロック化に対応する位置で上記劣化無し画像をブロック化する。

【0025】ステップS3の次のステップS5では、上記劣化画像のブロックデータをクラスに分類するクラスタリングを行う。このクラス分類もブロック化した画像データを用いたパターン分類のことである。

【0026】ステップS5とステップS4の処理後に進むステップS6では、上記劣化画像と劣化無し画像のブロック間でトレーニング（学習）を行う。

【0027】ステップS7では、あらゆるクラス学習が十分に行われる程度に、画像を構成する全てのブロックに対して学習が繰り返し行われたか否かの判断を行う。このステップS7でノーと判断された場合、劣化画像に対してはステップS3へ、また劣化無し画像に対してはステップS4に戻る。ステップS7でイエスと判断されると、ステップS8に進む。

【0028】ステップS8では、クラス毎に学習された最適値でマッピングテーブルを生成する。これがROMテーブルとなる。

【0029】なお、上記劣化画像のブロックと対応する劣化無し画像のブロックをどのように学習するかでいくつかのパターンがある。例えば、劣化画像のブロックと劣化無し画像のブロックで学習を行って出力する場合や、画素で学習を行って出力する場合がある。さらに学習するデータとして入力画像そのものを学習する場合や、劣化フィルタとの差分量を学習する場合等もある。

【0030】また、上記第1、第2の具体例におけるクラスには、実データを用いることもできるが、実現性を考えたメモリ容量を考慮に入れると、クラス分類にデータ圧縮等を用いることが考えられる。

【0031】データ圧縮には、例えば、後述する画像信号のダイナミックレンジに応じた適応量子化（ADRCと呼ぶ）や、DPCM（差分量子化）、ベクトル量子化（VQ）等が考えられる。

【0032】なお、上記ADRCとは、ディジタル画像信号をブロック化し、このブロック内に含まれる複数の

$$class = \sum_{i=1}^3 q_i (2^p)^{i-1} \quad (1)$$

【0038】なお、本来ADRCはVTR（ビデオテープレコード）向けの高効率符号化用に開発された適応的再量子化法であり、信号レベルの局所的なパターンを短い語長で効率的に表現できるので、本実施例ではこれを信号パターンのクラス分類のコード発生に使用してい

$$y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n \quad (2)$$

を設定する。なお、学習前は w_1 が未定係数である。

【0040】学習は、クラス毎に複数の信号データに対して行う。データ数が m の場合、式(2)（予測式）に従って、

画素データの最大値及び最小値により規定されるダイナミックレンジを求め、このブロック単位で求めた上記ダイナミックレンジに適応した割り当てビット数で当該ブロック内の各画素データを符号化するものである。より具体的に言うと、上記ADRCは、1フレーム（又はフィールド）内の所定のブロック内に含まれる複数の画素の最大値及び最小値により規定されるダイナミックレンジ（ブロック内最大レベルと最小レベルの差）を求め、このダイナミックレンジに適応した可変の量子化ビット数を上記ブロック毎に決定し、この量子化ビット数で最小値除去後の入力データを符号化（再量子化、すなわち圧縮された量子化ビット数によりダイナミックレンジを均等に分割し、ブロック内の各画素を最も近いレベルのコードに符号化する）して符号化コードを得ると共に、ダイナミックレンジの情報と上記最大値、最小値の内の何れかを付加コードとし、これら符号化コードと付加コードとを得るようなものである。

【0033】さらに、クラスタリングの実現方法には、以下のような方法を用いる。

20 【0034】ここで、クラス分割でもっとも簡便な方法としては、例えばブロック内の学習データのビット系列をそのままクラス番号とする手法がある。ただし、この手法では膨大な容量のROMが必要となる。

【0035】このため、本実施例では、信号パターンによるクラス分割に上記ADRCを使用して、信号パターンの性質を保存した効果的なクラス数の削減を行う。ここで、例えば図4に示すように、学習信号画素 a 、 b 、 c から原信号画素 A への予測を例にとり、学習信号画像 a 、 b 、 c のレベルをそれぞれ x_1 、 x_2 、 x_3 とする。また、 x_1 、 x_2 、 x_3 のデータに対して p ビットADRCを行った結果の再量子化データをそれぞれ q_1 、 q_2 、 q_3 とし、そのダイナミックレンジを D 、最小値を min とする。

【0036】このとき、このブロックのクラス番号（クラスコード） $class$ は、式(1)で定義される。

【0037】

【数1】

る。

【0039】より一般的に説明する。学習信号画素レベルを x_1 、 \dots 、 x_n とし、原信号画素レベルを y としたとき、クラス毎に係数 w_1 、 \dots 、 w_n による n タップの線形推定式(2)

$$y_k = w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

50 $M > n$ の場合には w_1 、 \dots 、 w_n は一意には定まらないので、誤差ベクトル e の要素を

$$e_k = y_k - \{w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn}\} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

と定義して、式(5)を最小にする係数を求める。いわゆ

る最小自乗法による解法である。

【0041】

【数2】

$$e^2 = \sum_{k=1}^m \{e_k\}^2 \quad (5)$$

【0042】ここで、式(5)の w_i による偏微分係数を、式(6)のように求める。

【0043】

【数3】

$$\frac{\partial e^2}{\partial w_i} = \sum_{k=1}^m 2 \left(\frac{\partial e_k}{\partial w_i} \right) e_k = \sum_{k=1}^m 2 x_{ki} \cdot e_k \quad (6)$$

【0044】上記式(6)を0にするように各 w_i を決めればよいから、式(7)、式(8)のように、

【0045】

【数4】

$$X_{ji} = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot x_{kj} \quad (7)$$

【0046】

【数5】

$$Y_i = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot y_k \quad (8)$$

【0047】として行列を用いると式(9)のようになり、

【0048】

【数6】

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (9)$$

【0049】掃き出し法などの一般的な行列解法を用いて、 w_i について解けば予測係数が求まり、本実施例ではROMのアドレスclassのデータ(ROMテーブル)としてこの予測係数を格納しておく。

【0050】次に、以下に上記劣化関数について説明する。まず、雑音を考慮に入れた画像観測モデルを考える。この雑音を考慮に入れた画像観測モデルは式(10)のように表すことができる。

$$g = A f + n \quad (10)$$

なお、この式(10)において、 f は原画像、 g は観測データ、 A は観測過程、 n は加法的雑音を表している。

【0051】ここで、対象としている原画像 f の属する空間を H_1 とし、観測データ g の属する空間を H_2 とすると、雑音 n は H_2 の元であり、観測結果 A は数学的に

30 H_1 や H_2 への作用素とみなすことができる。 f や g は、連続領域の上で定義された関数として表現されることもあるし、離散点上で定義された配列として表現されることもある。後者の場合、それはベクトルと同じものである。これらの表現方法に応じて、式(10)のモデルは、次のように呼ばれる。すなわち、 H_1 と H_2 が共に関数空間の場合は連続-連続モデルと言い、共にベクトル空間の場合は離散-離散モデルという。また、 H_1 が関数空間で H_2 がベクトル空間の場合を、連続-離散モデルという。

40 【0052】上記式(10)は、上記連続-連続モデルの場合、式(11)のように表現される。

【0053】

【数7】

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y, x', y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad (11)$$

【0054】なお、この式(11)において、 $f(x, y)$ は原画像、 $g(x, y)$ は劣化画像、 $n(x, y)$ は雑音であり、 $h(x, y, x', y')$ は劣化関数と呼ばれるものである。例えば、 $f(x, y) = \delta(x - \alpha, y - \beta)$ なる点光源に対する劣化画像が $h(x, y,$

$\alpha, \beta)$ である。したがって、劣化関数は同時に、点ひろがり関数(PSF: point spread function)と呼ばれることもある。

【0055】ここで、点光源の劣化した像が平行移動を除いて、その点の位置によらないとき、点ひろがり関数

は $h(x-x', y-y')$ と差形の関数になり、上記式(11)は、式(12)のように、畳み込み積分(convolution)で表される。

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x-x', y-y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad (12)$$

【0057】このような劣化を移動不変、位置不変、或いは空間不変であるという。変数変換によって、式(11)を式(12)の形式に変換できる場合もある。

$$h(x, y, x', y') = h_1(x, x') h_2(y, y') \quad (13)$$

これを分離核という。カメラの様な動きによる写真のブレは、分離核かつ移動不変な劣化の例である。

【0059】また、上記式(10)の離散-離散モデルは、次のようになる。例えば、原画像 $f(x, y)$ の N 個の標本点における値から作られる N 次元ベクトルを f とする。同様に劣化画像 $g(x, y)$ 及び雑音 $n(x, y)$ が作られる N 次元ベクトルを、それぞれ g, n とすれば、上記式(11)は近似的に、

$$g = A f + n \quad (14)$$

と表すことができる。ここで、式(14)における A は、劣

$$[g] = A_1 [f] A_2 + [n]$$

と表現できる。ここで、 A_1, A_2 は、それぞれ N_1 次及び N_2 次正方行列である。

【0061】さらに、劣化 A が移動不変の場合、式(12)に対して、式(15)の A_1, A_2 はテプリッツ (Toeplitz) 行列で近似すれば、離散フーリエ変換 (DFT) によって対角行列に変換することができる。これは式(12)の畳み込み積分をフーリエ変換によって積の形に変換することに相当している。

$$g_{ij} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) f(x, y) dx dy + n_{ij} \quad (16)$$

【0064】この式(16)で、 g_{ij} 及び n_{ij} は、それぞれ $[g]$ 及び $[n]$ の第 i, j 成分である。

【0065】なお、上述の式(11)～式(19)に示したように、画像劣化モデルを具体的に表現する方法は数多くある。

【0066】図1に戻って、上述のようにして学習して得たROMテーブルからデータを読みだして画像復元を行う第1の実施例の画像復元装置の構成例について説明する。図1の画像復元装置は、入力劣化画像に対して劣化を復元した画素を出力する場合の構成を示している。

【0067】この図1において、入力端子1に入力された劣化したデジタル画像信号は、ブロック化回路2に送られる。当該ブロック化回路2では、供給されたデジタル画像信号を複数の画素データからなる複数のブロックに分割する。

【0068】上記ブロック化回路2からのブロックデータは、クラスコード発生回路3に送られる。当該クラスコード発生回路3では、供給されたブロックの2次元的なレベル分布のパターンを参照してクラスを求め、そのクラスコードを発生する。

【0056】

【数8】

【0058】また、劣化を x 軸方向と y 軸方向に分離できる場合がある。数学的に言えば、劣化関数が、式(13)のように、積の形に分解できることに対応している。

10 化を表す N 次正方行列である。

【0060】また、標本点が $N_1 \times N_2$ 個 ($N = N_1 \times N_2$) の格子点 (x_m, y_n) で与えられている場合、 $f(x, y)$ の標本値 $f(x_m, y_n)$ をそのまま並べて、行列の形で表すことができる。これを $[f]$ とする。劣化画像 $g(x, y)$ 及び雑音 $n(x, y)$ に対しても、同様に $[g], [n]$ とする。さらに、劣化 A は式(13)のように分離核になっているとする。このとき、連続-連続モデルの式(11)は近似的に離散-離散モデルによって、

(15)

【0062】次に、連続-離散モデルは、連続-連続モデルによる劣化の後、標準化を行ってベクトル g 或いは行列形式 $[g]$ に変換したものである。したがって、前半の部分には式(11)、式(15)の表現を使うことができる。或いは、この2つの過程をまとめて、式(16)のように表現することもできる。

【0063】

【数9】

【0069】このクラスコードは、アドレスデータとしてROMテーブル4に送られる。当該ROMテーブル4には、上述したようにした学習値 (すなわち劣化無しの画素データ) が格納されており、上記クラスコード (アドレス) に対応してその学習値が出力される。当該ROMテーブル4から読みだされた学習値すなわち劣化無しの画素データが出力端子5から出力される。

【0070】次に、本発明の第2の実施例として、図5には、ROMテーブル9にブロック単位の学習値を保存している場合の構成を示す。

【0071】この図5において、入力端子6からクラスコード発生回路8までは、図1の入力端子1からクラスコード発生回路3までと同様の構成である。ここで、図1のROMテーブル4がブロック単位でないデータを出力するのに対し、図5のROMテーブル9はブロック単位のデータを出力する。

【0072】当該ROMテーブル9から出力される劣化無しのブロック単位のデータは、ブロック分解回路10に送られる。すなわち、ROMテーブル9の出力は、ブロック単位であるため、ブロック分解回路10によって

ブロック分解を行い、その分解されたデータが出力端子11から劣化無し画像の出力データとなる。この第2の実施例では、ROMテーブル9とブロック分解回路10とで無劣化画像出力手段が構成されている。

【0073】次に、図6には、本発明の第3の実施例として、劣化関数の逆関数で劣化を復元する復元フィルタの出力と図1、図5同様のブロック化回路13の出力との差分について、先に学習を行っておいた場合についての例を示す。

【0074】すなわち、この図6に示す第3の実施例の画像復元装置のクラスコード発生回路16では、ブロック化回路13を介してブロック化された入力画像と、そのブロック画像を復元フィルタ14を介してフィルタリングした出力との差分に対してクラス分類処理を施すようにしている。

【0075】この図6において、入力端子12には図1、図5の入力端子1、6と同様にデジタル画像信号が供給され、同じく図1、図5と同様のブロック化回路13でブロック化がなされる。

【0076】当該ブロック化回路13の出力は、劣化関数の逆関数で画像の劣化を復元する復元フィルタ14に送られる。当該フィルタ14でフィルタリングがなされた出力は、加算器15に減算信号として送られる。このとき当該加算器15には上記ブロック化回路13からの出力が加算信号としても供給され、したがって、当該加算器15ではフィルタリングされたブロックデータとフィルタリングされていないブロックデータとの差分が求められることになる。

【0077】この加算器15の出力は、クラスコード発生回路16に送られる。当該クラスコード発生回路16でも上記加算器15の出力ブロックの2次元的なレベル分布のパターンを参照してクラスを求め、そのクラスコードを発生する。

【0078】このクラスコードは、アドレスデータとしてROMテーブル17に送られる。当該ROMテーブル17には、劣化の無い画素データと当該劣化の無い画素データを劣化フィルタでフィルタリングしたデータとの差分のデータで学習を行った学習値が格納されており、したがって、上記クラスコード（アドレス）に対応して学習値が出力されるようになる。

【0079】このROMテーブル17から出力された学習値は、上記フィルタ14の出力が加算信号として供給されている加算器18に、同じく加算信号として送られる。これにより、当該加算器18からは、劣化無しの画素データが出力され、これが出力端子19から出力される。したがって、この第3の実施例装置では、上記ROMテーブル17と、フィルタ14の出力が供給される加算器18とで無劣化画像出力手段が構成されている。

【0080】なお、第3の実施例の画像復元装置では、前記差分に対してクラス分類を施すようにしているが、

例えば入力画像のフィルタ14の出力に対してクラス分類を行うことも可能である。

【0081】上述のように、本発明実施例の画像復元においては、画質が劣化した入力画像を走査変換（ブロック化）し、このブロック画像データからクラス生成を行い、クラス（すなわち信号パターン）に応じて予め学習されたテーブルから画像復元に作用するデータ（学習最適化されたデータ）を出力し、そのデータから復元画像を生成することにより、劣化が修復された画像を得ることができ、したがって、劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一様に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元が可能となる。

【0082】すなわち、画質が劣化した画像を復元しようとする場合には、通常、劣化原因を解析し、劣化モデル関数を決定し、逆関数を施すことにより復元を行うが、本発明実施例では、劣化の原因が特定できない場合や逆関数が一様に決定できない場合のために、劣化モデル関数の逆関数を用いる代わりに、学習により予め得られた復元テーブルを用いて、劣化した画像の代わりに劣化の無い復元画像を当てはめる（マッピング）することで、画像を復元するようにしている。

【0083】このように、本発明実施例では、劣化のない画像を用いた学習テーブルによるマッピングで画像を復元するため、複雑な劣化関数の決定や、その逆関数を求める必要がない上に、一度テーブルを作成すれば、処理は画像復元のテーブルを読み出すのみであるため、処理が簡単である。また、劣化関数の逆関数が定義できず、従来なら復元できない場合においても学習により復元テーブルを作成することができる。

【0084】したがって、本実施例の画像復元装置によれば、例えばテレビカメラによって撮像された画像に対する画質劣化が修復された画像を得ることができる。

【0085】

【発明の効果】上述したように、本発明においては、画質が劣化した画像をブロック毎にクラス分類したデータと劣化の無い画像のブロックデータとで予め学習した結果を記憶しておき、劣化画像を複数のブロックに分割し、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを得て、このクラスコードに応じて劣化画像に対応する劣化の無い画像を出力するようにしているため、劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一様に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の画像復元装置の概略構成を示すブロック回路図である。

【図2】本発明実施例における学習についての第1の具体例のフローチャートである。

【図3】本発明実施例における学習についての第2の具体例のフローチャートである。

【図4】学習信号画像から原信号画像の予測を説明するための図である。

【図5】第2の実施例の画像復元装置の概略構成を示すブロック回路図である。

【図6】第3の実施例の画像復元装置の概略構成を示すブロック回路図である。

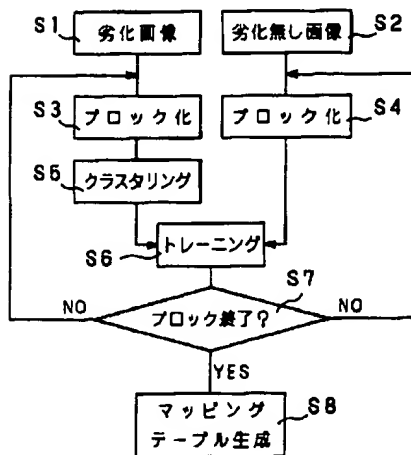
【符号の説明】

2, 7, 13・・・ブロック化回路
3, 8, 16・・・クラスコード発生回路
4, 9, 17・・・ROMテーブル
10・・・ブロック分解回路
14・・・フィルタ

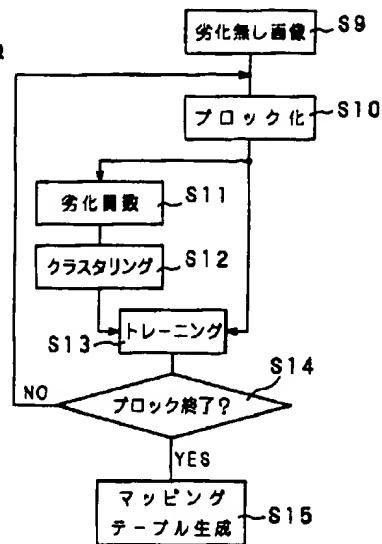
【図1】



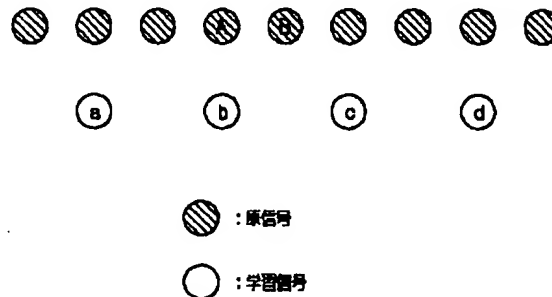
【図3】



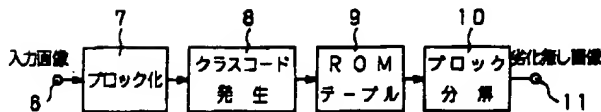
【図2】



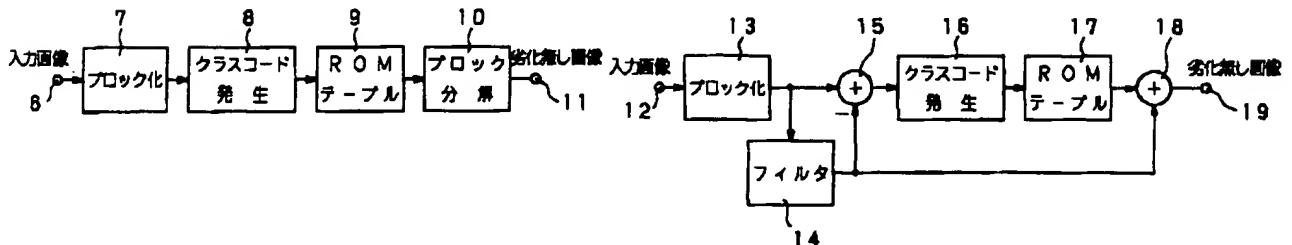
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 西片 丈晴

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

IMAGE RESTORING APPARATUS AND METHOD

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention relates to an image restoring apparatus and method for restoring (repairing) a deteriorated image to an undeteriorated image.

2. Description of the Related Art

Conventionally, an image that is deteriorated in image quality is restored in such a manner that a model function of the deterioration is determined by analyzing the cause of the deterioration and an inverse function of the model function is applied to the deteriorated image.

Various causes of deteriorations are conceivable such as a uniform movement of a camera (imaging device such as a video camera) and blurring caused by the optical system of a camera.

Therefore, in restoring an image, different model functions should be used for respective causes of deteriorations.

That is, unless the cause of a deterioration is found, it is difficult to restore a deteriorated image because a model function cannot be determined.

Further, it is frequently the case that even if a model function of a deterioration is established, there is no inverse function for restoration that corresponds to the model function.

In such a case, it is difficult to perform evaluation for

determining the optimum model.

That is, although to restore an image that is deteriorated in image quality it is necessary to analyze the cause of the deterioration, determines a deterioration model function, and apply its inverse function to the deteriorated image, it is difficult to perform restoration if the cause of the deterioration cannot be found or an inverse function cannot be determined uniformly.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention has been made in view of the above problems, and an object of the invention is therefore to provide an image restoring apparatus and method which can restore a deteriorated image even if the cause of the deterioration cannot be found or an inverse function cannot be determined.

The invention has been made to attain the above object. An image restoring apparatus according to the invention is an apparatus for restoring an image (represented by a digital image signal) that is deteriorated in image quality, and comprises blocking means for dividing a deteriorated input image into a plurality of blocks and thereby generating block data (i.e., performing scan conversion on the input image); classifying means for classifying the block data as one of a plurality of classes and for outputting a class code corresponding to the class thus obtained; and undeteriorated image output means for outputting an undeteriorated image corresponding to the input image in

accordance with the class code (i.e., outputting data that has been optimized in advance by learning).

The undeteriorated image output means stores a table in which results (learned values) that have been obtained in advance by learning by using block data of an undeteriorated image and data obtained by classifying an image that was obtained by deteriorating the blocked, undeteriorated image according to a predetermined deterioration function are correlated with respective class codes. Alternatively, the undeteriorated image output means stores a table in which results (learned values) that have been obtained in advance by learning by using data obtained by blocking and then classifying a deteriorated image and block data of an undeteriorated image are correlated with respective class codes.

An image restoring method according to the invention comprises a blocking step of dividing a deteriorated input image into a plurality of blocks and thereby generating block data; a classifying step of classifying the block data as one of a plurality of classes and outputting a class code corresponding to the class thus obtained; and an undeteriorated image output step of outputting an undeteriorated image corresponding to the input image in accordance with the class code.

The undeteriorated image output step takes out a learned value corresponding to the class code from a plurality of learned values that have been obtained in advance by learning by using

block data of an undeteriorated image and data obtained by classifying an image that was obtained by deteriorating the blocked, undeteriorated image according to a predetermined deterioration function. Alternatively, the undeteriorated image output step takes out a learned value corresponding to the class code from a plurality of learned values that have been obtained in advance by learning by using data obtained by blocking and then classifying a deteriorated image and block data of an undeteriorated image.

In the invention, results (a restoration table) that have been obtained in advance by learning by using data obtained by classifying an image-quality-deteriorated image on a block-by-block basis and block data of an undeteriorated image are stored. Since the table has been obtained by learning between the deteriorated image and the undeteriorated image, a deterioration-repaired image can be obtained by taking out a learned value corresponding to a class code generated by classifying a deteriorated image (i.e., replacing the deteriorated image with the undeteriorated image through mapping).

Once a table is generated, the only process to be executed for image restoration is to read out data from the table. Therefore, the process is made simple.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a block diagram showing a general configuration of an image restoring apparatus according to a first embodiment

of the present invention;

Fig. 2 is a flowchart showing a first specific example of learning according to the first embodiment;

Fig. 3 is a flowchart showing a second specific example of learning according to the first embodiment;

Fig. 4 illustrates prediction of an original signal image from a learning signal image;

Fig. 5 is a block diagram showing a general configuration of an image restoring apparatus according to a second embodiment of the invention; and

Fig. 6 is a block diagram showing a general configuration of an image restoring apparatus according to a third embodiment of the invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Several embodiments of the present invention will be hereinafter described with reference to the accompanying drawings.

An image restoring apparatus according to a first embodiment of the invention is an apparatus for restoring an image (represented by a digital image signal) that is deteriorated in image quality and is composed of the following components as shown in Fig. 1. A blocking circuit 2 divides (i.e., performs scan conversion on) a deteriorated input image that is supplied from an input terminal 1 into a plurality of blocks. A class code generation circuit 3 is a classifying means for classifying block

data as one of a plurality of classes and outputting a class corresponding to the class thus determined. A ROM table 4 that is an undeteriorated image output means for outputting an undeteriorated image corresponding to the input image in accordance with the class code (i.e., outputting data that has been optimized in advance by learning).

The ROM table 4 stores results (learned values) of learning that has been performed in advance between block data of an undeteriorated image and data obtained by classifying a deteriorated image that was obtained by deteriorating the blocked, undeteriorated image according to a predetermined deterioration function (described later), in the form of a table in which the learning results are correlated with the class codes (first specific example described later). Alternatively, the ROM table 4 stores results (learned values) of learning that has been performed in advance between data obtained by blocking and then classifying a deteriorated image and block data of an undeteriorated image in the form of a table in which the learning results are correlated with the class codes (second specific example described later). The class code generation circuit 3 determines coefficients of a formula representing a pattern that is closest to the input image by using a high-order polynomial (described later) as a model formula, and performs classification in accordance with the thus-determined coefficients.

Before description of the configuration of the image

restoring apparatus according to this embodiment, a description will be made of learning and generation of a ROM table in image restoration.

To perform image restoration by using a table that has been obtained in advance through learning, it is necessary to perform learning between a deteriorated image and an undeteriorated, clear image.

For example, a deteriorated image for learning may be obtained by generating a flow image by moving a camera while fixing an object or generating a blurred image by defocusing a camera intentionally.

Fig. 2 shows a first specific example of a process flow of learning that uses a deteriorated image.

Referring to Fig. 2, an undeteriorated image is supplied at step S9. At the next step S10, the undeteriorated image is blocked.

At step S11, resulting block data of the undeteriorated image is deteriorated according to a known deterioration function.

Then, at step S12, the block data is subjected to clustering, that is, classification. The classification is pattern classification using blocked image data. The process then goes to step S13.

At step S13, training (learning) is performed between the undeteriorated block data generated at step S10 and the deteriorated and classified block data that has been generated

at step S12.

At step S14, it is judged whether learning has been repeatedly performed on all blocks that constitute the image to such an extent that every class learning has been performed sufficiently. If the judgment result of step S14 is no, the process returns to step S10. If it is yes, the process goes to step S15.

At step S15, a mapping table is generated by using optimum values for the respective classes that have been obtained through the learning. The mapping table becomes the ROM table 4.

While in the above first specific example a deteriorated image is generated by deteriorating an undeteriorated image according to a deterioration function, learning may be performed by using a deteriorated image that has been generated in advance by, for example, moving or defocusing a camera as mentioned above (second specific example described below). Fig. 3 shows an example of a process flow of the latter case.

Referring to Fig. 3, a deteriorated image that has been generated physically in advance and an undeteriorated image are supplied at steps S1 and S2, respectively. At step S3, the deteriorated image is blocked. At step S4, the undeteriorated image is blocked at the same positions as in the blocking of step S3.

At step S5 that is executed after step S3, clustering is performed, that is, block data of the deteriorated image is

classified. As in the case of the first specific example, the classification is pattern classification using blocked image data.

At step S6 that is executed after execution of steps S4 and S5, training (learning) is performed between the block data of the deteriorated image and the undeteriorated image.

At step S7, it is judged whether learning has been repeatedly performed on all blocks that constitute the image to such an extent that every class learning has been performed sufficiently. If the judgment result of step S7 is no, the process returns to steps S3 and S4 for the deteriorated image and the undeteriorated image, respectively. If it is yes, the process goes to step S8.

At step S8, a mapping table is generated by using optimum values for the respective classes that have been obtained through the learning. The mapping table becomes the ROM table 4.

There are several variations in terms of the manner of using block data of a deteriorated image and block data of an undeteriorated image in the learning. For example, an output may be produced by performing learning based on block data of a deteriorated image and block data of an undeteriorated image or by performing learning on a pixel-by pixel basis. Further, learning data may be an input image itself or a difference between an input image and an output of a deterioration filter.

Although actual data may be used in the classification in each of the first and second specific examples, in view of the

memory capacity it would be more feasible to use data compression or the like in the classification.

Examples of the method of data compression are adaptive quantization in accordance with the dynamic range of an image signal (called ADRC; described below), differential quantization (DPCM), and vector quantization (VQ).

In the ADRC, a digital image signal is blocked, a dynamic range is determined that is defined by the maximum and minimum values of a plurality of pixel data that are included in each block, and pixel data in each block are coded with an allocated bit number that is adapted to the dynamic range determined for the block.

More specifically, in the ADRC, a dynamic range (i.e., a difference between the maximum and minimum levels in a block) is determined that is defined by the maximum and minimum values of a plurality of pixels that are included in each block of one frame (or one field). A variable quantization bit number that is adapted to the dynamic range is determined for each block. Coding codes are obtained by coding, with the above quantization bit number, minimum-value-subtracted input data (re-quantization; the dynamic range is divided into equal parts of the compressed quantization bit number and the respective pixels in the block are coded into codes having closest levels). Further, one of information on the dynamic range, the maximum value, and the minimum value is employed as an additional code. The coding codes and the additional code are thus obtained.

The clustering is realized in the following manner.

The simplest classification method is a technique of using, for instance, a bit sequence itself of learning data in a block as a class number. However, this technique requires a ROM having an enormous capacity.

Therefore, in this embodiment, the number of classes is reduced effectively while the properties of a signal pattern are maintained by using ADRC in the classification that is performed by using the signal pattern.

Fig. 4 shows an example of prediction of an original signal pixel A from learning signal pixels a-c. The levels of the learning signal pixels a-c are represented by x_1 - x_3 . Re-quantized data obtained by performing p-bit ADRC on the data x_1 - x_3 are represented by q_1 - q_3 , and their dynamic range and minimum value are represented by DR and min, respectively.

In this case, the class number (class code) "class" of this block is defined by Equation (1).

$$class = \sum_{i=1}^3 q_i (2^n)^{i-1} \quad \dots\dots (1)$$

The ADRC is an adaptive re-quantization method that was developed as a high-efficiency coding method for VTRs (video tape recorders). This embodiment employs the ADRC in the generation of a classification code of a signal pattern because the ADRC

allows a local pattern of signal levels to be expressed efficiently in a short word length.

A more general description will be made below.

With a notation that x_1, \dots, x_n represent pixel levels of a learning signal and y represents a pixel level of an original signal, an n -tap linear prediction equation (2) having coefficients w_1, \dots, w_n is set for each class.

$$y = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n \quad \dots (2)$$

The coefficients w_i have not been determined before the learning.

The learning is performed for a plurality of signal data for each class. When the number of data is m , Equation (2) (prediction equation) leads to Equation (3).

$$y_k = w_1x_{k1} + w_2x_{k2} + \dots + w_nx_{kn} \quad \dots (3)$$

where $k = 1, 2, \dots, m$.

When $m > n$, the coefficients w_1, \dots, w_n are not determined uniquely. In this case, coefficients that minimize Equation (5) are determined by defining the elements of an error vector e as follows:

$$e_k = y_k - (w_1x_{k1} + w_2x_{k2} + \dots + w_nx_{kn}) \quad \dots (4)$$

where $k = 1, 2, \dots, m$. This is a solution according to the least squares method.

$$e^2 = \sum_{k=1}^m \{e_k\}^2 \quad \dots (5)$$

Now, partial derivatives of Equation (5) with respect to w_i are obtained as Equation (6).

$$\frac{\partial e^2}{\partial w_i} = \sum_{k=1}^m 2 \left(\frac{\partial e_k}{\partial w_i} \right) e_k = \sum_{k=1}^m 2 x_{ki} \cdot e_k \quad \dots\dots (6)$$

Since each w_i should be determined so as to make Equation (6) zero, a matrix equation (9) is obtained by using elements defined by Equations (7) and (8).

$$X_{ji} = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot x_{kj} \quad \dots\dots (7)$$

$$Y_i = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot y_k \quad \dots\dots (8)$$

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad \dots\dots (9)$$

Prediction coefficients are determined by solving Equation (9) with respect to w_i by using a common matrix solution such as a sweep-out method. Resulting prediction coefficients are stored in a ROM as data (ROM table 4) of an address "class."

Next, the deterioration function will be described below.

First, an image observation model in which noise is taken into consideration is assumed. The image observation model can be expressed as

$$g = Af + n \quad \text{..... (10)}$$

where f is an original image, g is observation data, A is an observation process, and n is additive noise.

Let H_1 and H_2 represent a space to which the original image f belongs and a space to which the observation data g belongs; then, the noise n is an element of H_2 and the observation result A can be regarded mathematically as an operator to be applied to H_1 or H_2 . Parameters f and g may be expressed as a function that is defined on a continuous region or an array that is defined on discrete points. In the latter case, f and g are a vector.

The model of Equation (10) is called a continuous-continuous model when both of H_1 and H_2 are a function space and a discrete-discrete model when both of them are a vector space.

When H_1 is a function space and H_2 is a vector space, the model of Equation (10) is called a continuous-discrete model.

Where Equation (10) is a continuous-continuous model, it is expressed as Equation (11).

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y, x', y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad \dots\dots (11)$$

In Equation (11), $f(x, y)$ is an original image, $g(x, y)$ is a deteriorated image, $n(x, y)$ is noise, and $h(x, y, x', y')$ is called a deterioration function. For example, a deteriorated image for a point light source $f(x, y) = \delta(x-\alpha, y-\beta)$ is $h(x, y, \alpha, \beta)$. Therefore, the deterioration function is also called a point spread function (PSF).

Where the deteriorated image of a point light source does not depend on the position of a point light source except for a parallel movement, the point spread function is a difference-type function $h(x-x', y-y')$ and Equation (11) is expressed by a convolution as Equation (12).

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x-x', y-y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad \dots\dots (12)$$

This type of deterioration is called movement-invariant, position-invariant, or space-invariant. There may occur a case that Equation (11) can be converted into a form of Equation (12) by variable conversion.

There may be a deterioration that can be separated into parts in the x-axis and y-axis directions. Mathematically, this corresponds to a case where a deterioration function can be converted into a product form like Equation (13).

$$h(x, y, x', y') = h_1(x, x')h_2(y, y') \quad \dots\dots (13)$$

This is called a separable kernel. Blurring in a photograph due to a uniform movement of a camera is an example of a deterioration that is movement-invariant and is expressed as a separable kernel.

Where Equation (10) is a discrete-discrete model, it is expressed as in the following manner. For example, an N-dimensional vector that is formed by values of an original image $f(x, y)$ at N sampling points is represented by f . Similarly, if N-dimensional vectors obtained from a deteriorated image $g(x, y)$ and a noise image $n(x, y)$ are represented by g and n , respectively, Equation (11) can be expressed approximately as

$$g = Af + n \quad \dots\dots (14)$$

where A is an Nth-order square matrix representing the deterioration.

When sampling points are given by lattice points (x_m, y_n) of $N_1 \times N_2 (= N)$, sampling values $f(x_m, y_n)$ of $f(x, y)$ can be expressed as a matrix $[f]$ by arranging those as they are. Similarly, matrices $[g]$ and $[n]$ are obtained for the deteriorated image $g(x, y)$ and the noise $n(x, y)$, respectively. If it is assumed that the deterioration is a separable kernel as in the case of Equation (13). In this case, Equation (11) of a continuous-continuous model can be expressed approximately as Equation (15) that is a discrete-discrete model.

$$[g] = A_1[f]A_2 + [n] \quad \dots\dots (15)$$

where A_1 and A_2 are N_1 th-order and N_2 th-order square matrices, respectively.

When the deterioration A is movement-invariant, A_1 and A_2 in Equation (15) can be converted into diagonal matrices by discrete Fourier transform (DFT) if they are approximated by Toeplitz matrices. This corresponds to a case that the convolution of Equation (12) is converted into a product form by Fourier transform.

Next, a continuous-discrete model in such that a deterioration is effected according to a continuous-continuous model and then a deteriorated image is converted into a vector g or a matrix $[g]$ by sampling. Therefore, the expressions of Equations (11) and (15) can be used in the first and second half portions, respectively. Alternatively, the two processes can be expressed collectively like Equation (16).

$$g_{ij} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x,y) f(x,y) dx dy + n_{ij} \quad \dots\dots (16)$$

where g_{ij} and n_{ij} are ij th components of $[g]$ and $[n]$, respectively.

As described above by using Equations (11)-(19), there are many specific methods of expressing an image deterioration model.

Returning to Fig. 1, a description will be made of an example configuration of the image restoring apparatus according to the first embodiment that restores an image by reading out data from the ROM table 4 that has been constructed by the above-described

learning. The configuration of the image restoring apparatus shown in Fig. 1 is for outputting deterioration-repaired pixels for an input deteriorated image.

As shown in Fig. 1, a deteriorated digital image signal that is input to the input terminal 1 is supplied to the blocking circuit 2. In the blocking circuit 2, the received digital image signal is divided into a plurality of blocks each consisting of a plurality of pixel data.

Block data is supplied from the blocking circuit 2 to the class code generation circuit 3. In the class code generation circuit 3, a class of the received block data is determined based on its two-dimensional level distribution pattern and a class code of the thus-determined class is generated.

The class code is supplied, as address data, to the ROM table 4, which stores the above-described learned values (i.e., undeteriorated pixel data). A learned value (undeteriorated pixel data) corresponding to the class code (address) is read out from the ROM table 4 and then output from the output terminal 5.

Fig. 5 shows a configuration according to a second embodiment of the invention in which a ROM table 9 stores block-unit learned values.

In Fig. 5, an input terminal 6 to a class code generation circuit 8 are the same as the input terminal 1 to the class code generation circuit 3 of Fig. 1. On the other hand, while the ROM table 4 of Fig. 1 outputs non-block-unit data, the ROM table 9

of Fig. 5 outputs block-unit data.

The undeteriorated, block-unit data that has been output from the ROM table 9 is supplied to a block decomposition circuit 10. That is, since the output of the ROM table 9 is block-unit data, it is subjected to block decomposition in the block decomposition circuit 10. Decomposed data are output from an output terminal 11 as output data of an undeteriorated image. In the second embodiment, the ROM table 9 and the block decomposition circuit 10 constitute an undeteriorated image output means.

Fig. 6 shows a configuration according to a third embodiment of the invention, which is directed to a case where learning has been performed in advance for the difference between the output of a restoration filter that repairs a deterioration by using an inverse function of a deterioration function and the output of a blocking circuit 13 that is the same as in Figs. 1 and 5.

That is, in a class code generation circuit 16 of an image restoring apparatus according to the third embodiment shown in Fig. 6, classification is performed on a difference between an input image that has been blocked by the blocking circuit 13 and an output of the restoration circuit 14 obtained by filtering the same block image.

In Fig. 6, an input terminal 12 is supplied with a digital image signal as in the case of the input terminals 1 and 6 of Figs. 1 and 5. The digital image signal is blocked by the blocking circuit 13 that is the same as in Figs. 1 and 5.

An output of the blocking circuit 13 is supplied to the restoration filter 14 that restores an image deterioration by using an inverse function of a deterioration function. A filtered output of the restoration filter 14 is supplied to an adder 15 as a subtraction signal. At this time, the adder 15 is also supplied with the output of the blocking circuit 13 as an addition signal. Therefore, the adder 15 produces a difference between the filtered block data and the block data that is not filtered.

An output of the adder 15 is supplied to the class code generation circuit 16. As in the case of the above embodiments, the class code generation circuit 16 determines a class of the block data that is output from the adder 15 based on its two-dimensional level distribution pattern and generates a class code of the thus-determined class.

The class code is supplied, as address data, to a ROM table 17, which stores learned values that have been obtained through learning by using difference data between undeteriorated pixel data and data obtained by filtering the undeteriorated pixel data with a deterioration filter. A learned value (undeteriorated pixel data) corresponding to the class code (address) is read out from the ROM table 17.

The learned value that is output from the ROM table 17 is supplied, as an addition signal, to an adder 18 that is also supplied with the output of the filter 14 as another addition signal. As a result, the adder 18 outputs undeteriorated pixel

data, which is then output from an output terminal 19. Therefore, in the third embodiment, the ROM table 17 and the adder 18 that is supplied with the output of the filter 14 constitute an undeteriorated image output means.

Although in the third embodiment the classification is performed on the above-described difference, it is also possible to perform classification on, for instance, the output of the filter 14 that is produced for an input image.

As described above, in the image restoration methods of the embodiments of the invention, an input image that is deteriorated in image quality is subjected to scan conversion (blocking), and a class is generated based on resulting block image data. Data to be used for image restoration (i.e., data that has been optimized by learning) is output from a table that has been prepared by learning in accordance with the class (i.e., a signal pattern), and a restored image is generated from the data thus output. A deterioration-repaired image is obtained in this manner. Therefore, a deteriorated image can be restored even if the cause of the deterioration cannot be found or an inverse function cannot be determined uniformly.

Conventionally, an image that is deteriorated in image quality is restored by analyzing the cause of the deterioration, determining a deterioration model function, and applying its inverse function to the deteriorated image. In contrast, in the embodiments of the invention, to accommodate cases where the cause

of a deterioration can not be found or an inverse function of a deterioration model function cannot be determined uniformly, an image is restored by replacing a deteriorated image with an undeteriorated, that is, restored, image (through mapping) by using a restoration table that has been obtained in advance by learning instead of using an inverse function of a deterioration model function.

In the embodiments of the invention, since an image is restored through mapping by using a learned table that stores an undeteriorated image, it is not necessary to determine a complex deterioration function nor its inverse function. In addition, once an image restoration table is generated, the only process to be executed is to read out data from the table. Therefore, the process is made simple.

A restoration table can be generated by learning even in a case where an image cannot be restored according to conventional techniques because an inverse function of a deterioration function cannot be defined.

Therefore, according to the image restoring apparatuses according to the embodiments of the invention, an image in which image quality deteriorations have been repaired can be obtained for, for instance, an image taken by a television camera.

As described above, according to the invention, results of learning that has been performed by using data obtained by classifying, on a block-by-block basis, an image-quality-

deteriorated image and block data of an undeteriorated image are stored in advance. A deteriorated image is divided into a plurality of blocks, and resulting block data is classified as one of a plurality of classes and a class code corresponding to the thus-determined class is obtained. An undeteriorated image corresponding to the deteriorated image is output in accordance with the class code. Therefore, a deteriorated image can be restored even if the cause of the deterioration cannot be found or an inverse function cannot be determined uniformly.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. An image restoring apparatus comprising:
blocking means for dividing a deteriorated input image into a plurality of blocks and thereby generating block data;
classifying means for classifying the block data as one of a plurality of classes and for outputting a class code corresponding to the class thus obtained; and
undeteriorated image output means for outputting an undeteriorated image corresponding to the input image in accordance with the class code.
2. The image restoring apparatus according to claim 1, wherein the undeteriorated image output means stores results that have been obtained in advance by learning by using block data of an undeteriorated image and data obtained by classifying an image that was obtained by deteriorating the blocked, undeteriorated image according to a predetermined deterioration function so that the results are correlated with respective class codes.
3. The image restoring apparatus according to claim 1, wherein the undeteriorated image output means stores results that have been obtained in advance by learning by using data obtained by blocking and then classifying a deteriorated image and block data of an undeteriorated image so that the results are correlated with respective class codes.
4. An image restoring method comprising:
a blocking step of dividing a deteriorated input image into

a plurality of blocks and thereby generating block data;

a classifying step of classifying the block data as one of a plurality of classes and outputting a class code corresponding to the class thus obtained; and

an undeteriorated image output step of outputting an undeteriorated image corresponding to the input image in accordance with the class code.

5. The image restoring method according to claim 4, wherein the undeteriorated image output step takes out a learned value corresponding to the class code from a plurality of learned values that have been obtained in advance by learning by using block data of an undeteriorated image and data obtained by classifying an image that was obtained by deteriorating the blocked, undeteriorated image according to a predetermined deterioration function.

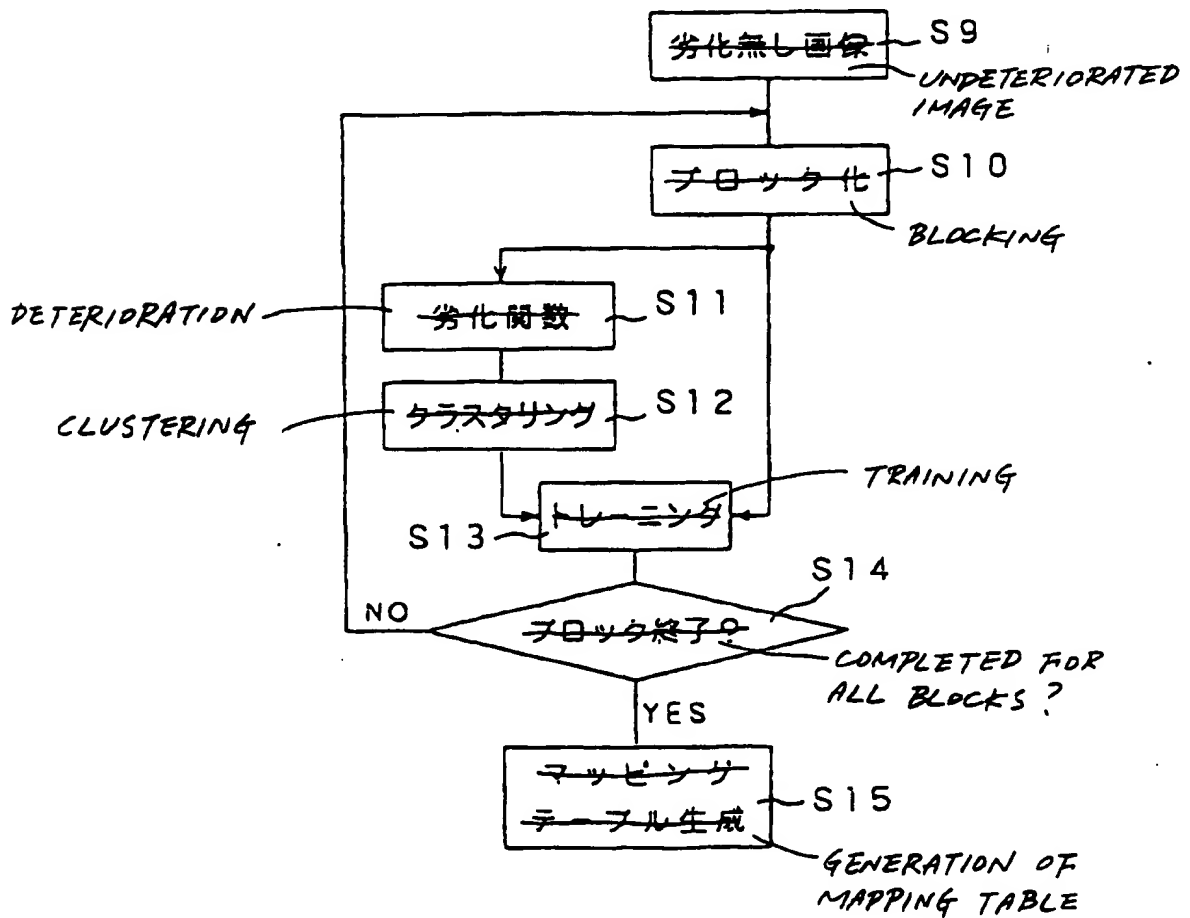
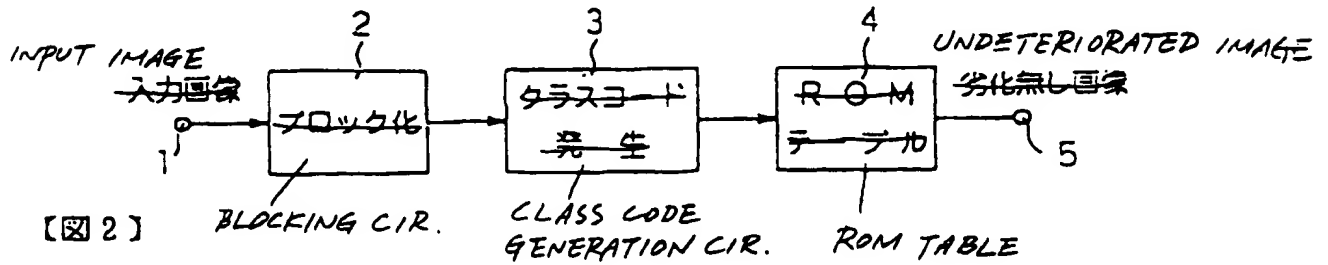
6. The image restoring method according to claim 4, wherein the undeteriorated image output step takes out a learned value corresponding to the class code from a plurality of learned values that have been obtained in advance by learning by using data obtained by blocking and then classifying a deteriorated image and block data of an undeteriorated image.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

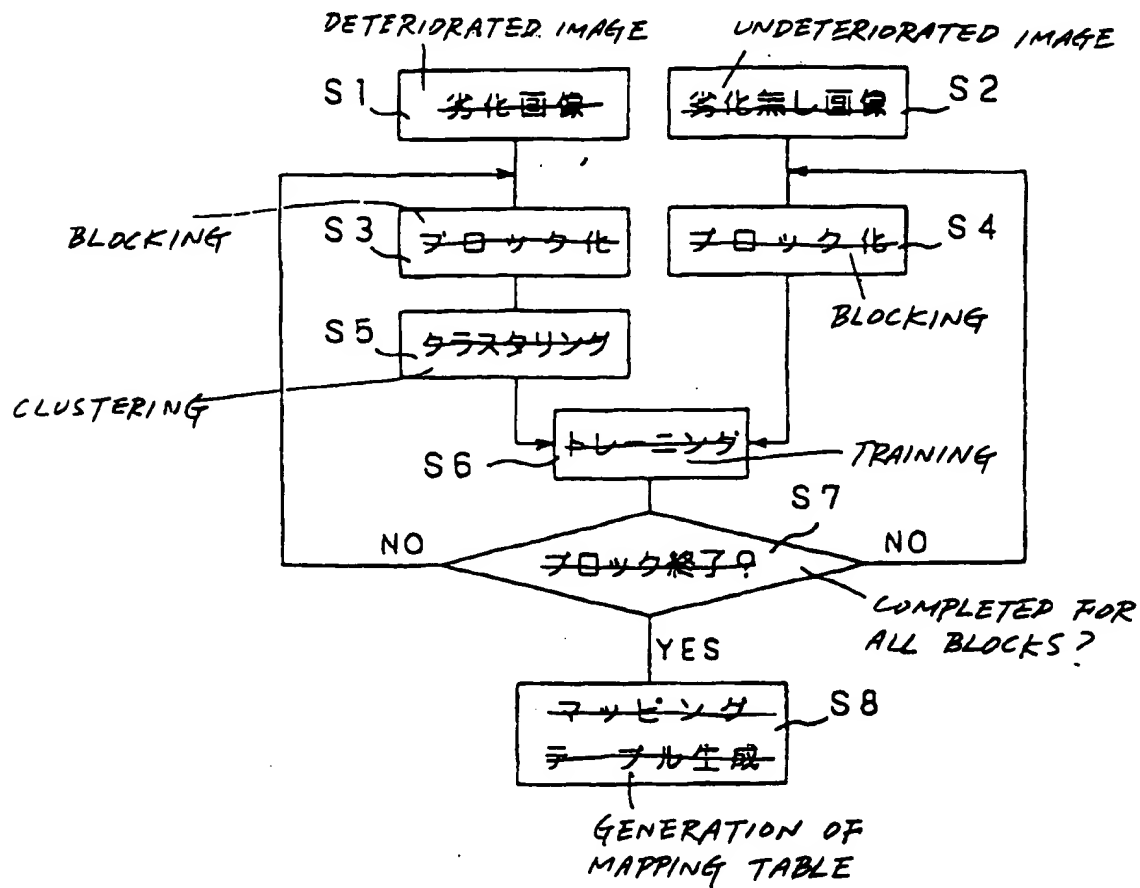
Results of learning that has been performed by using data obtained by classifying an image-quality-deteriorated image on a block-by-block basis and block data of an undeteriorated image have been stored in advance as a table so as to be correlated with respective class codes. A deteriorated input image is divided into a plurality of blocks. Resulting block data is classified as one of a plurality of classes and a class code corresponding to the thus-determined class is generated. Data for image restoration is read out from the table in accordance with the class code.

【書類名】 図面

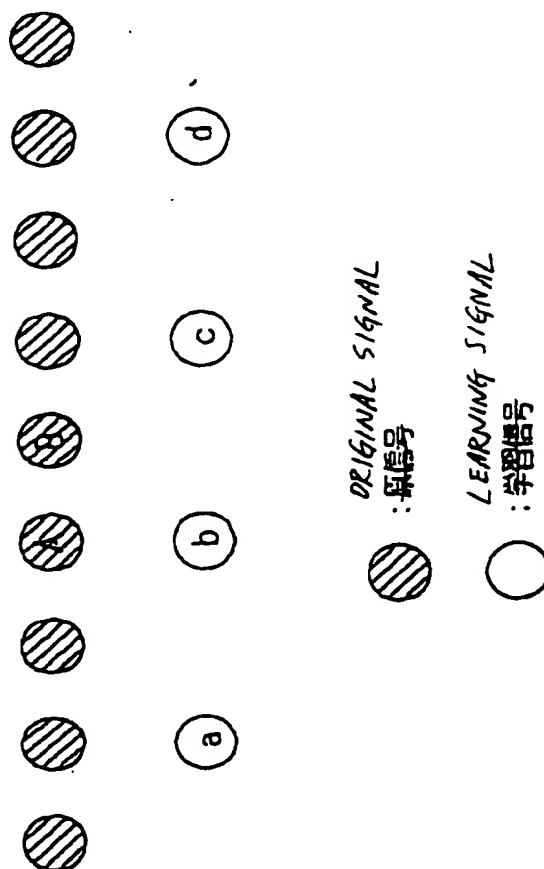
【図 1】



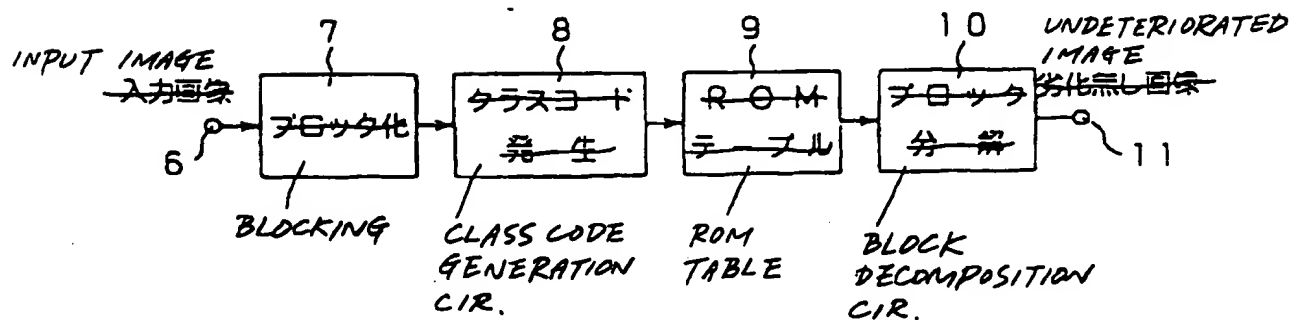
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

